

原 著

各種禾穀類の成熟穀粒胚乳
の比較解剖と細胞化学的性状

箕口重義, 荒木裕子, 久毛しげ子

Comparative Anatomy and Cytochemical Characteristics
of the Endosperm in the mature Kernels of Different
Cereal Crops

SHIGEYOSHI MIGUCHI, HIROKO ARAKI, and SHIGEKO KUGE

近年、透過型及び走査型電子顕微鏡による穀粒の超微細構造に関する業績が数多く見られるようになった。しかし成熟穀粒はその組織が強く脆く、光学顕微鏡による組織化学的研究に適した大形切片の作製には却っているような難点がある。

筆者らはかねて、氷結切片法にゼラチン包埋を併用した穀粒切片の製作を試み、ほぼ成案を得たので米麦類及び各種雑穀の成熟穀粒の内部構造に関する比較解剖学的な観察を実施中である。本報はその一連の研究のうち、各種禾穀類成熟穀粒のでんぷん性内胚乳の比較解剖についてまとめたものであり、特に内胚乳内のヘマトキシリン陽性物質の細胞化学的同定、内胚乳でんぷん粒の分布と性状の比較に重点をおき、さらに休眠胚と果皮に分布するでんぷんに関する観察にもふれた。

材 料 と 方 法

1. 供試穀粒

次の作物の成熟穀粒を供試した。

(1) イネ

ジャポニカタイプ (*Oryza sativa* L.
subsp. *japonica* KATO)

水稻うるち(ささにしき, ほたか)

水稻もち(品種不詳)

インデカタイプ (*Oryza sativa*

subsp. *indica* KATO)

在来種うるち(品種不詳)

在来種もち(品種不詳)

改良種うるち(Arethesety C-4)

改良種もち(Malagkit)

(2) コムギ(*Triticum aestivum* L.)

国内産小麦(農林61号)

輸入硬質小麦(Hard winter)

輸入軟質小麦(Western white)

(3) オオムギ

六条種(*Hordeum vulgare* L.)

カワムギ(むさし)

ハダカムギ(品種不詳)

二条種(*Hordeum distichon* L.)

ビールムギ(品種不詳)

(4) エンバク(*Avena sativa* L.)

品種不詳)

(5) トリチケール(*Triticale hexaploide*,
WELSE)

(6) トウモロコシ(*Zea mays* L.)

馬齒種(*Z. m. indentata*,

ホワイトデントコーン)

もち種(*Z. m. ceratina*, 品種不詳)

(7) コーリャン(*Sorghum bicolor*
MOENCH)

(8) キビ(*Panicum miliaceum* L.)

- (9) アワ (*Setaria italica* BEAUV.)
うるち粟 (在来三, 天津, 黒粟)
もち粟 (岩手在来もち)
- (10) ヒエ (*Panicum Crus-galli* L., var.
frumentacea HOOK. F.)
うるち種 (赤ひえ) もち種 (二子もち)
- (11) ハトムギ (*Coix Lacryma - jobi* L.,
var. *frumentacea* MAKINO)
- (12) パールミレット (*Pennisetum*
typhoideum RICH)
- (13) ソバ (*Fagopyrum esculentum*
MOENCH 品種不詳)

2. 試料の固定, 包埋, 薄切

固定はフォルムアルデヒド 4 % 液 (純パラアルデヒドを用いて) 4 ~ 7 日とし, 薄切しやすい材料はそのまま氷結マイクロトームで薄切したが, 薄切しにくい材料は 10mm 厚に削った穎果をゼラチン液 (30 % 液) に 37°C で 4 ~ 7 日浸漬し, 常法による氷結切片とした。脆い材料はグリセリンまたはポリビニールアルコール分子量 500, 20 % 液) 中で切片をのばした。なお清川 (1967) はイネ成熟果に電顕用合成樹脂を用いているが本研究の一部でもカーボワックスを軟化剤として添加したメタクリル・カーボワックス包埋法を用い, 自製の鋼製ナイフでミノット型マイクロトームで薄切した。^{16), 18)}

3. 染色

(1) 組織学的染色…Mayer の hematoxylin 液による核染色 (Hx 染色と略称, 以下の染色法についても同様) light green, safranin, methylen blue による細胞質細胞染色の組合わせ。

(2) 組織化学的染色

- (i) 蛋白質…Ninhydrin-Schiff 反応 (N-S 蛋白反応) fastgreen-FCF, naphthol yellow S
- (ii) 脂質・スベリン…Sudan III, Nile blue

(iii) 核酸…Feulgen 反応, (F 反応)
Fluorone 法, (FL 法) methyl green-Pyronin 法 (M-P 染色) Gallocyanin 法 (GC 法)

(iv) でんぷん粒…沃素反応

(v) 多糖類…Periodic acid-Schiff 法 (PAS 法)

4. でんぷん粒の抽出と染色

12~18 時間水浸した穎果を乳鉢で磨砕し, 塗抹標本とした。損傷粒の識別のため, safranin O-brilliant blue 6B 染色又は, 0.03 % 沃素染色²⁶⁾を施した。封入はグリセリン及び合成樹脂封入剤を併用し, 偏光顕微鏡用試料は無染色合成樹脂封入とした。

観 察 と 考 察

1. 内胚乳組織のヘマトキシリン陽性物質

穀粒内胚乳のヘマトキシリン陽性物質はアリュースロン層と内部でんぷん細胞に分布していた。

(1) アリュースロン細胞の核とアリュースロン顆粒

穀粒の内胚乳最外層を構成するアリュースロン層は単なる貯蔵組織ではなく発芽時には胚からの植物ホルモンなどの target organ であり, 胚乳組織形成過程ではでんぷん細胞の分裂組織でもある。したがって成熟後も豊円な細胞核が観察されるものが普通であり, 本実験の試料でも例外なくヘマトキシリンに好染する細胞核が観察され, さらに DNA の分布を示す二種の反応も陽性であった。(第 1 表)

さらに第 3 図のように米麦類ではアリュースロン顆粒にもヘマトキシリンに好染するものが観察されたが DNA のための反応は陰性であった。アリュースロン顆粒は蛋白質, 脂質, 多糖類などのほか複雑な代謝生成物 (例えばフィチン酸⁵⁾など) 金属⁵⁾などを含み, ヘマトキシリン陽性顆粒の同定は今回の実験では

	ヘマトキシリン陽性物質の分布				ヘマトキシリン陽性物質に対する DNA 及び核蛋白質反応					
	ヘマトキシリン陽性物質の分布		Feulgen 反応		Fluorone 法		Galloyanin 法		Fastgreen FCF法	
	細胞核	アリュエーロン細胞	でんぷん細胞	アリュエーロン細胞核	でんぷん細胞	ヘマトキシリン陽性コロイド	でんぷん細胞	ヘマトキシリン陽性コロイド		
										でんぷん細胞
イネ (ジャポニカ, うるち)	3	2	0	0	—	—	—	—	—	—
イネ (ジャポニカ, ササニシキ)		2	0	0	—	—	—	—	—	—
イネ (ジャポニカ, もち)										
コムギ (農林61)	3	2	1	2	+	+	+	+	+	+
オオムギ (ハダカムギ)	3	2	1	2	+	+	+	+	+	+
エンバク	3	2	1	2	+	+	+	+	+	+
トウモロコシ	3		1	3 (粒質部) (角質部)	+	+	+	+	+	+
コウリヤン	2		2	2	+	+	+	+	+	+
キビ	2		1	2	+	+	+	+	+	+
アワ (天津)			0 ~ 1	1	+	+	+	+	+	+
アワ (黒アワ)	2		0 ~ 1	1	+	+	+	+	+	+
ヒエ (アカヒエ)	2		3	3	+	+	+	+	+	+
ハトムギ	3		3	3	+	+	+	+	+	+
パールミレッド	3		2	3	+	+	+	+	+	+

註1) 3……ほとんど全部の細胞から検出される。

22 ……かなり多くの細胞から検出される。

1……検出される細胞は稀である。

0……検出されない

註2) 井……強陽性

++……中等陽性

註3) 無記入欄は観察してないもの

十……軽微な陽性反応

陰……性

(2) でんぷん細胞の退化細胞核

Esau (1960)⁷⁾ は彼の著書で一般にでんぷん性穀粒の内胚乳柔細胞は内部へのでんぷん粒の蓄積につれて分裂能を失ない、成熟時には生命を失なうらしいとし、米麦では核は退化消失するものとされている。^{8), 9), 10), 11), 20)}

しかし、本研究ではイネ以外の試料では何れもでんぷん細胞の中心部に不整形、コロイド状のヘトマキシリン陽性物質が観察された。

なお、でんぷん細胞内ではコムギの蛋白小体 (globular mass) イネのりん酸小体¹⁾などもヘトマキシリン陽性であるとされているが、本コロイド物質は不整形ではあるが大型で1細胞1個 (りん酸小体、蛋白小体は小型で複数<第1-a図及び8-b図>) であり、さらに第1表のように概して周辺部に多く分布する (トウモロコシでは粉質部が極めて^{2), 23), 24)}少ない) 傾向が見られるなどの点からこのものは細胞核退化物と推定するのが妥当であり、(でんぷん細胞の核退化は中心部が早く周辺部がおそい) さらにDNA及び核蛋白質のための組織化学的反応四種を試みた結果も第1表及び第1-a~1-m図の通りである。

(i) Feulgen 反応及びMethylgreen - Pyronine 法

この両反応は細胞核での高分子DNAの存在を示すものとされているがイネを除く供試料に一致した陽性反応が認められた。ただし、コーリャンはmethylgreen-pyronine法紫赤色、Feulgen反応弱陽性でDNAの低分子化が他の資料より進んでいることを推定させたがこのことが種の特性なのか本実験材料の特殊性なのかは試料が1銘柄だけのため明らかにはできなかった。

(ii) Fluorone 法

この反応は9-phenyl-2,3,7-trihydroxyfluoroneとDNAの加水分解後の糖残基との反応である。DNAの有在は紫色、RNA

の場合は橙赤色の呈色反応がみられるが本実験ではFeulgen反応とよく一致した結果を得たがコーリャンではFeulgen反応より強い反応がみられた。

(iii) Gallocyanin 法

この反応はgallocyaninのクロームレーキが核酸のりん酸基と結合して起る呈色反応で核酸に対する特異性は高いとされ、DNAとRNAも濃青色に反応、ヘマトキシリン染色、Feulgen反応ともよく一致した。ただしアリュウロン細胞では細胞質も濃染し、核の識別が困難な資料もあった。(以上2図及び4a~4h図)

(iv) Fastgreen FCF

塩基性蛋白質のための反応であり、10%過塩素酸(またはトリクロール酢酸)によるDNA除去後の細胞核の核蛋白質を染めることが知られている。

この染法を施した結果は上述のDNA検出反応よりは概して染色性が弱く特にアワ、パールミレットでは微弱な陽性反応しか認められなかった。

以上のようにイネを除く試料のデンプン細胞のヘマトキシリン陽性物質は何れもDNA及び核蛋白質の反応が陽性なだけでなく分布状態の点からも細胞核由来のコロイド状物質であるものと断定され、核退化産物としてもDNAの低分子化や消失が進行していないことが大部分の資料で推測された。一方イネは受粉30日前後の未熟果では同じ様な退化核の分布が認められた。(第12図)併し成熟果ではヘマトキシリンに陽性な微小顆粒(複数)は認められたが(第1-a図)DNAの反応は陰性であった。

茶村(1973)⁴⁾ は玄米及び白米のりんの分画定量を試み、白米の核酸りんは10~30mg%でありそのほとんどがRNA由来であるとしている。

第2表 穎果内組織別でんぷんの分布

	胚	内 胚 乳			
		アリュールン細胞※	内部柔組織	周辺柔組織	果 種 皮
イネ(ジャポニカうるち) 水稻ササニシキ	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
イネ(ジャポニカもち) 水稻	+(^{BBB} BBR)	—	≡(RRR)	≡(RRR)	—
コムギ (農 林61)	—	—	≡(BBB)	硬細胞 あり ≡(BBB)	—
オオムギ (ハダカムギ)	—	—	≡(BBB)	〃 ≡(BBB)	—
エ ン バ ク	—	—	≡(BBB)	〃 ≡(BBB)	—
トリチケール	—	—	≡(BBB)	〃 ≡(BBB)	—
トウモロコシ(馬齒種) (ホホワイトデントコーン)	+(BBB)	—	粉質部 ≡(BBB)	角質部 ≡(BBB)	—
コウリヤン	+(BBB)	—	≡(BBB)	+(BBB)	≡(BBB)
キ ビ	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
アワ (天 津)	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
アワ (クロアワ)	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
ヒエ (赤ヒエ)	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
ハ ト ム ギ	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
パールミレット	+(BBB)	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—
ソ バ	子葉 —	—	≡(BBB)	≡(BBB)	—

註1) ※アリュールン顆粒にはPAS陽性のこともある(米麦類)

註2) ≡……極めて濃密に分布

≡……分布状態がやや粗

十……まばらに分散した分布状態

—……全く検出できない

註3) BBB……沃素反応青藍色

RRR……〃 赤褐色

BBR……青味がち中間色調

15
なおMULLER (1943)¹⁵はmicrochemical testから禾科、蓼科の植物などでんぷん性胚乳の細胞は核退化により生命を失っているがアリュールン細胞は生命を失っていないと述べている。筆者等はこの種の諸課題に関連し、発芽時の内胚乳核退化物の挙動を追跡する計画を進めている。

2. 頤果における3型のでんぷんの分布(第2表)とその性状

(1) コーリヤン果皮のでんぷん粒

21
佐藤(1967)²¹は植物組織内でんぷんを分類して①同化でんぷん②移動でんぷん③待機でんぷん④貯蔵でんぷんと分類しており、一般に多くの登熟期穀粒の果皮にみられるでんぷん粒は移動でんぷんに属し、成熟果では完全に消失しているのが普通であるがコーリヤンでは第6図のように果皮中層の柔細胞に多量のでんぷん粒が分布し、沃素反応青藍色、内胚乳でんぷん粒より粒径は著しく小さい。

(2) 休眠胚のでんぷん粒

休眠種子の胚には何れの試料も強い蛋白質及び脂質反応が認められたが沃素反応によるでんぷんの分布には佐藤(1961)¹⁹も示しているように、種による差異が認められ、麦類の休眠胚には全くでんぷん粒の分布は認められないが、それ以外の穀粒の胚には貯蔵でんぷんの分布が観察され、胚内では胚ばん部に特に多く、何れの種のものも粒形は球形で偏光像からコンセントリックな構造を示すことが観察されたが(第5-b図)一般に内胚乳のでんぷん粒より小形である。(第5-a~5-e)さらに注目すべき点は胚乳でんぷんでは典型的なアミロペクチン型沃素反応を呈するイネのもち種の場合も胚でんぷんは一部中間色調のものもあるが大部分はアミロース型色調であり内胚乳でんぷんとは、起原、生成機構などがちがっていることが示唆された。

(3) 内胚乳柔細胞の貯蔵でんぷん

(i) イネ ジャポニア型インデカ型ともに第6図の様に中心でんぷん粒を中心に特徴のある花卉状に小粒が囲み、複粒でんぷんを形成してい。

(ii) 麦類 コムギのでんぷん粒は22
SANDSTEDT(1946)²²及び清川(1960)⁹によれば胚乳組織形成の初期に形成された大型な一次でんぷんと後期に形成された第二次でんぷんがみられ、(第3, 10-b図)一般に中心部に一次でんぷんが多く、周辺部に二次でんぷんが多い傾向があり、さらにアリュールン層のそばに小型でんぷん粒を含む小型な細胞(未成熟でんぷん細胞)^{9, 22, 25}、所謂“硬細胞”がみられる。トリチケールを含む他の麦類にも硬細胞の存在(第7-a~7-d図)と大型小型でんぷんの区別も認められるがコムギほど顕著ではない。(第10-c, 10-f~10-j図)

(iii) トウモロコシ 角質部のでんぷん粒は粉質部のそれより概して小型である。

(iv) コーリヤン、キビ、アワ、ヒエ、ハトムギ、パールミレット、ソバ 柔細胞中に形、大きさの比較的斉一なでんぷん粒が密に充たされている。

(4) 内胚乳組織の蛋白質分布とでんぷん粒集積密度

麦類を除いた穀粒では内胚乳の蛋白質分布が周辺部に偏っているため、逆にでんぷん粒の充実度が共通して劣っていることが観察された。(第9-a, 9-b)さらに蛋白質の形状も顆粒状、塊状を呈するイネ^{6, 12}、コウリヤンなどのタイプと(第8-b図)ヒエ、アワ、キビなどのように瀰漫状分布をするものがあり、麦類では蛋白質分布の内外差は他の穀類ほど著しくない。(第8-a図)

(5) 抽出でんぷん粒の性状

穀粒でんぷんの粒径の計測、形状等の観察は近藤¹⁵、川上¹³の例があるが、ここでは抽出でんぷんは横地²⁶(1955)の方法により損傷粒を

第3表 内胚乳抽出でんぷん粒の性状

試料区分	粒 径 (μ)				検 鏡 所 見	沃素反応
	実 測 値			L/S または M/S		
	大 (L)	中 (M)	小 (S)			
イネ(ジャポニカうるち) 水稻ササニシキ	8.9 ± 1.6※		2.7 ± 0.6※	3.3	鋭い稜角のある多角結晶状、 粒径は小さい。 ジャポニカ、インデカを通じ もち種はうるち種より粒径が 小さい。	BBB
(ジャポニカもち)			3.0 ± 0.5			RRR
(インデカうるち)	6.8 ± 1.3		3.2 ± 0.7	2.1		BBB
(インデカもち)	6.2 ± 0.8		3.2 ± 0.4	1.9		RRR
インデカ改良種うるち	8.6 ± 1.4		3.0 ± 0.3	2.9		BBB
(インデカ改良種もち)	6.8 ± 1.1		4.1 ± 0.9	1.7		BBR
コ ム ギ	23.5 ± 3.5		3.8 ± 1.0	6.2	• 球形またはレンズ形の大粒（一次でんぷん）と球形小粒（二次でんぷん）の区分が明瞭で規則的 • 大粒小粒の区分はコムギほど明確でなく漸变的、ビール麦が比較的コムギに近い。	BBB
オオムギ(イダカムギ)	22.7 ± 1.7	12.7 ± 1.9	6.2 ± 1.4	3.7		BBB
(むさしの)	21.3 ± 2.4		8.9 ± 1.5	2.4		BBB
(ビール麦)	26.7 ± 2.9		4.1 ± 0.7	6.5		BBB
エ ン バ ク	13.0 ± 2.1		4.1 ± 0.9	3.2	• 球形または稜角のある結晶状のものが混在。コムギ型の粒形はみられない。 • コムギと違って大中小と漸变的な粒径分布を示し、粒径は球形またはレンズ形。	BBB
トリチケール	29.2 ± 3.2	17.0 ± 2.7	4.6 ± 1.0	6.3		BBB
トウモロコシ(デントコーン)	17.3 ± 1.6		4.3 ± 1.0	4.2	• 稜角のある多角形結晶状、核裂は大きく、大きな核孔のみられるものもある。粉質部のものは丸味のあるものが多く概して大型	BBB
(もち)	13.2 ± 1.5		4.9 ± 0.9	2.7		BBB
コ ー リ ャ ン	20.8 ± 2.4		7.0 ± 1.8	2.9	• 稜角のある多角形結晶状。核裂大きく、放射状。	BBB
キ ビ	9.5 ± 1.0		3.5 ± 0.7	2.7	稜角のある結晶形のものが多 いが球形のものも混在核の存在は比較的明瞭。	BBB
ア ワ(在来3)	16.7 ± 3.0		6.8 ± 2.5	2.5		BBB
(岩手在来もち)	14.9 ± 1.6		4.6 ± 0.8	3.2		RRB
ヒ エ(赤ヒエ)	12.8 ± 1.8		3.5 ± 0.7	3.6		BBB
(二子もち)	13.8 ± 1.5		5.1 ± 0.8	2.7		BBB
ハ ト ム ギ	10.5 ± 1.4				• やや丸みをおびた多角結晶形、破碎しやすい。核孔は大きく、核裂もみられる。 • 稜角のある結晶状、アワ、キビに似ているが核裂核孔が大きい粒径の較差は少ない。 • 丸みをおびた多角形で、粒径は比較的斉一。核は概して小さく明瞭に観察できるのは少ない。	BBB
パールミレット	10.3 ± 1.0		3.2 ± 0.5	3.2		BBR
ソ バ	10.8 ± 1.4		4.1 ± 0.8	2.6		BBB

※……標準偏差 BBB……沃素反応青藍色 BBR……青味勝ちの中間色調
RRR……沃素反応赤褐色 RRB……赤味勝ちの中間色調

染め分け、損傷粒をさけて大中小粒に区分しそれぞれ50個の長径を測った。さらに形状、形成中心の位置、核裂核孔の有無等の観察した。結果は第3表及び第10-a~10-x図に示した。

(i) 偏光顕微鏡による複屈折性の観察

各資料とも偏光像はすべて十字形を示していた。これはでんぷん粒の構造がジャガイモでんぷんのようにエキセントリックでなく hilum が中心にありコンセントリックな構造をもつことを示すものである。またトウモロコシ、コーリヤンのでんぷん粒はその特徴である核裂が偏光像でも観察された。(第10-n, 10-o図)

以上から供試でんぷん粒は稜角があり小型なイネ型、稜角のない丸形で粒径較差の著しいムギ型、放射状核裂、大型孔をもつ多角結晶形のトウモロコシ・コーリヤン型、粒径が斉一で破碎しやすいハト麦でんぷん、及び比較的斉一な多角結晶形を示すその他の雑穀のタイプなどに分類することができる。イネのもち種はうるち種より粒径が小さく、粒径の較差が小さいことは3組、12区分の粒径計測値の分散分析の結果からも裏づけられ、このことは、もち種とうるち種のでんぷん合成能の差や及び内胚乳でんぷん充実度のちがいとも関連があったと考えられる。

(ii) 沃素反応 供試穀粒の沃素反応は第3表の如くであった。この表ではジャポニカ水稻のもち種の反応をRRR, うるち種をBBBとし、それを標準として各試料の呈色を比較判定したものである。本試験の結果では所謂もち種と呼ばれているもののうち、ヒエの二子もち¹⁷⁾トウモロコシのもち種はうるち型(BBB), アワの岩手在来もちは赤味勝ち、インデカ改良種もち、パールミレットは青味勝ちの中間色を示した。以上の結果は穀類でん

ぷんのもち・うるちの区分は粘弾性などのテクスチャに基く区別であり、必ずしもアミロース、アミロペクチンの含量比による区分とは一致しないことをうかがわせる。

摘 要

米麦及び雑穀13種29品種の成熟穀粒を資料としてでんぷん性内胚乳のヘマトキシリン陽性物質、胚乳でんぷんの分布、性状などに関する比較解剖学的観察、細胞化学的同定などをおこない、さらに果皮、胚のでんぷんについても観察した。

(1) 内胚乳ヘマトキシリン陽性物質

(i) 種類と分布

アリューロン細胞の核と一部のアリューロン顆粒はヘマトキシリン陽性であり、イネを除く試料の内胚乳でんぷん細胞には退化細胞核と推定されるヘマトキシリン陽性コロイドの分布が観察され、概して胚乳周辺部に多く分布していた。イネ成熟果ではこの種の退化細胞核は検出されなかった。

(ii) 組織化学的同定 上述のアリューロン細胞核及びでんぷん細胞コロイド物質はFeulgen反応など4種のDNA反応から高分子DNAの存在が認められ塩基性核蛋白質の存在も認められ、細胞核由来物質即ち退化細胞核であることが確認された。

(2) 穎果内でんぷん粒の分布とその性状

穎果内でんぷんには果皮、内胚乳及び胚に分布する3型のでんぷん粒があり

(i) 胚でんぷん粒 麦類胚、ソバ子葉を除く試料の休眠胚にはでんぷん粒の分布が認められ、胚盤部に多く、小型球形であり、もち種の場合を含めて沃素反応はすべて青藍色であった。

(ii) 果種皮層でんぷん粒 コーリヤン果皮中層に沃素反応青藍色、球形の粒状でんぷん

がかなり濃密に分布していた。しかし他の成熟穀粒ではこの種のでんぷんの存在は認められなかった。沃素反応は青藍色

(iii) 内胚乳でんぷん粒 内胚乳でんぷん細胞に分布するでんぷん粒はその大きさ、形状などからイネ型、ムギ型、トウモロコシ・コーリヤン型、ハトムギ型及びその他の雑穀型に区分することができ、麦類以外は蛋白質の多い同辺部の充実度は概して粗である。偏光像は

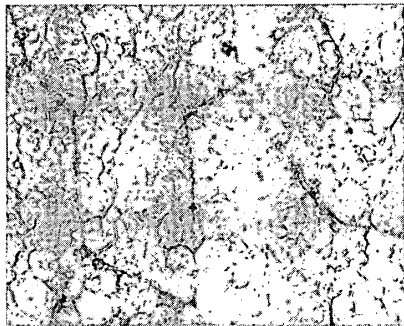
すべて十字型を示すコンセントリック構造であり、沃素反応はもち種でも青藍色のもの(ヒエ、二子もち、もちトウモロコシ)や中間の色調のもや、(アワ、岩手在来もち)うるち種でも中間色のもの(イネインデカ改良種、パールミレット)などがあった。

なお、本実験の試料の一部は東京農業大学教授小原哲二郎先生に御恵与いただいたものでありここに深く謝意を表する次第である。

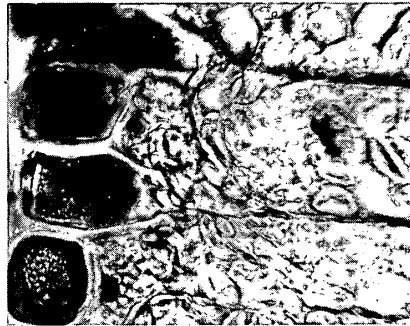
文 献

- 1) 相見霊三, 藤巻和子: 日作記**29**, 11 (1961).
- 2) BENNETT, E. H. : Cereal Chem. **27**, 232 (1950).
- 3) CATHEY, W. T. : Stain Tech. **38**, 213 (1963).
- 4) 茶村修吾: 日作記**42**(2), 148 (1973).
- 5) : 日作記**44**(3), 243 (1975).
- 6) DEL ROSARIO, A. R., BRIOMES, V. P., VIDAL, A. J. and JULIANS, B. O. : Cereal Chem. **45**, 225 (1968).
- 7) ESAU, K: Plant Anatomy, John Wiley & Son's Inc.(New York), (1960).
- 8) 星川清親: 日作記, **29**, 93 (1960 a).
- 9) : 日作記, **29**, 415 (1960 b).
- 10) : 日作記, **36**, 210 (1976 a).
- 11) : 日作記, **36**, 216 (1976 b).
- 12) 深沢親房: 蛋白質核酸酵素, **12**, (12) 1320 (1977).
- 13) 川上いつゑ: デンプンの形態, 医歯薬出版, (東京), (1975).
- 14) 近藤万太郎: 穀物講義, 養賢堂(東京) (1939).
- 15) MILLER, D. : Planta, **33**, 721 (1943).
- 16) 小川和朗, 武内忠男, 森富: 新組織化学, 朝倉(1975).
- 17) 小原哲二郎: 雑穀の栽培, 稗, 雑穀協会, (東京), (1948).
- 18) PEARSE, A. G. E. Histochemistry, vol. I, Little Brown & Company, (Boston), (1968).
- 19) 佐藤 庚: 日作記, **30**, 19 (1961).
- 20) : 日作記, **33**, 29 (1965).
- 21) : 生物化学, **19**(3), 105 (1967).
- 22) SANDSTEDT, R. M. Cereal Chem. **23**(4) 337 (1946).
- 23) WATSON, S. A., SANDERS, E. H. WAKELY, R.D. and WILLIAMS, C. B. : Cereal Chem. **32**, (3) 165 (1955).

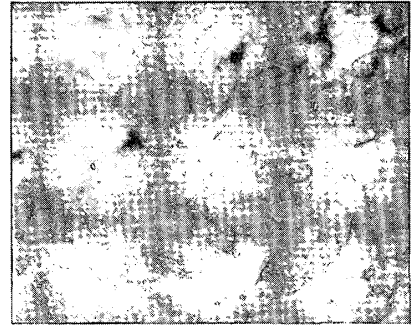
- 24) WOLF, M. J., et al : Cereal Chem. **29**, 349 (1952).
- 25) 山崎守正ほか : 農試い報 **2**, (1933).
- 26) 横池一二 : デンプン工業学会誌, **2**, (3) 10 (1955).



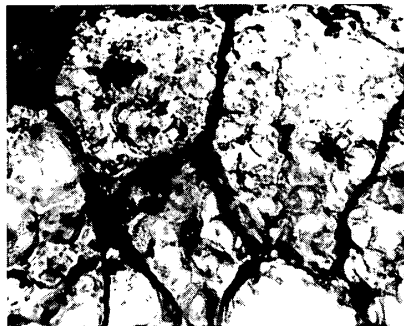
1-a イネ (ジャポニカ
水稲もち)



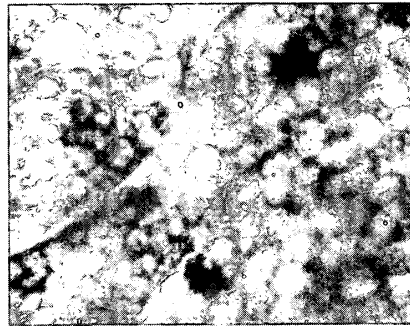
1-b コムギ (農林61)



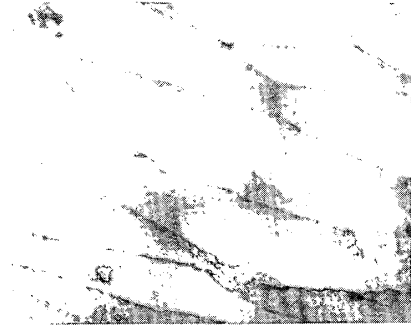
1-c オオムギ
(ハダカムギ)



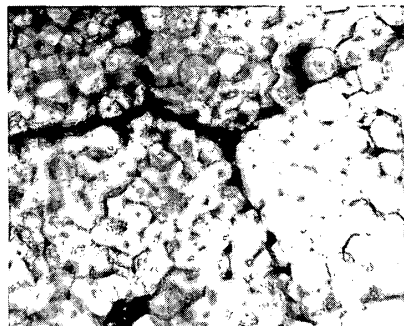
1-d エンバク



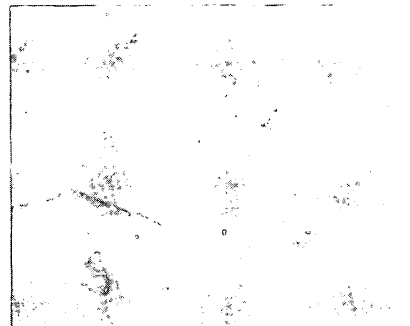
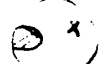
1-e トリチケール
×



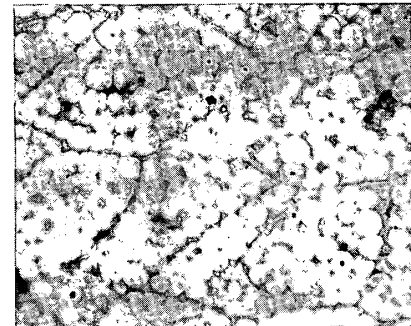
1-f トウモロコシ
(ホワイデントコーン)



1-g コーリャン



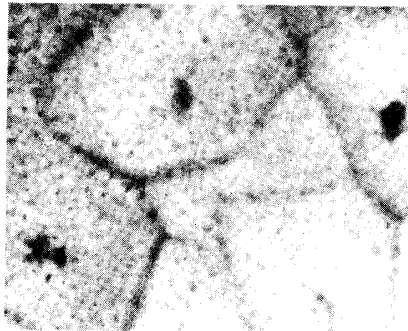
1-h キビ



1-i アワ (天・津)

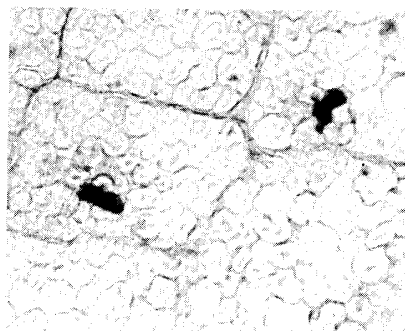


1-a~1-m図 内胚乳でんぷん細胞のヘマトキシリン陽性物質 (Hx 染色, ただしコーリャンは, Hx-Light green 二重染色, $\times 200$)



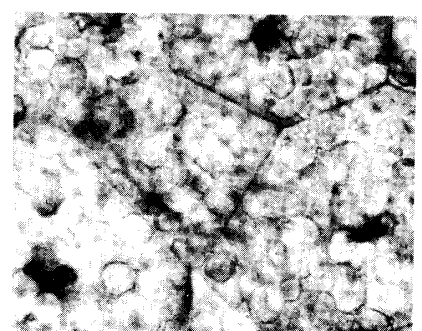
1-j

ヒエ (赤ひえ)



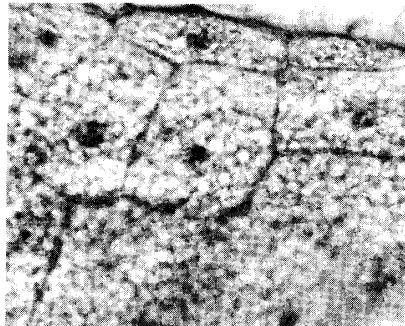
1-k

ハトムギ



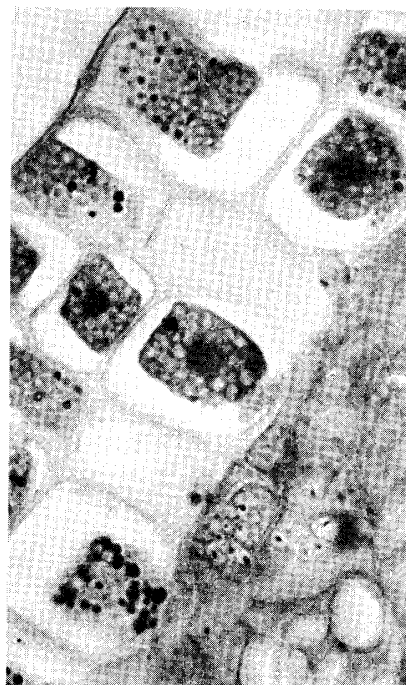
1-l

パールミレッド

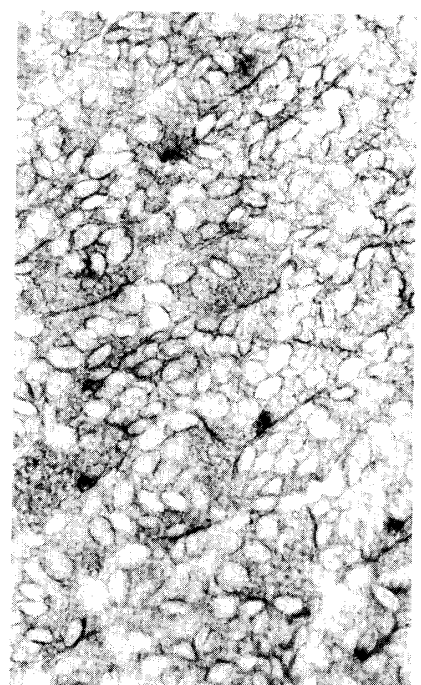


1-m

ソバ



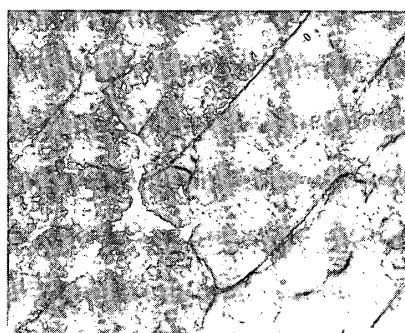
第3図 ハダカムキの
アリューロン細胞のHx
染色 (×600, 核とアリュ
ーロン顆粒の一部が陽性)



第3図 コムギ (農林61)
でんぶん細胞のヘマトキシ
リン陽性物質のGC法によ
る染色性

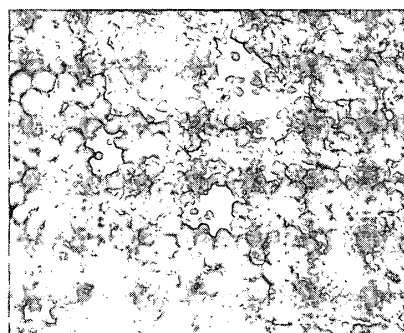


第2図 コムギ (農林61)
胚周辺部縦断切片
(FL法, ×200)



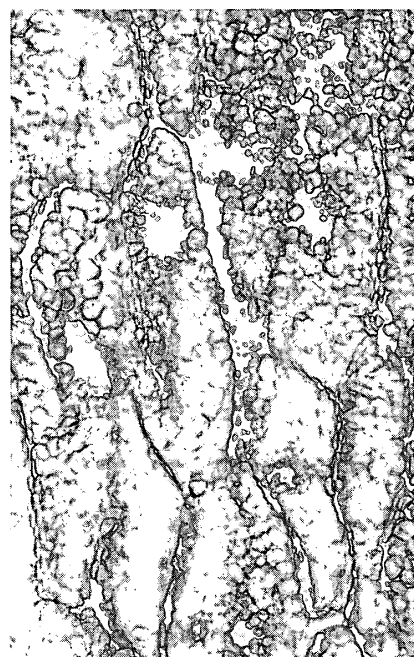
4-a

イネ (ジャポニカ
うるち, ほたか)
FL法, ×200



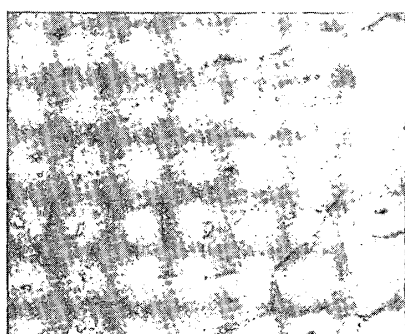
4-b

ハトムギ
GC法,



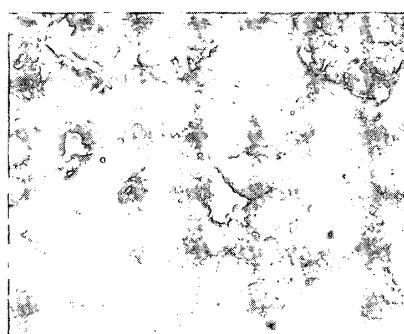
4-e

トウモロコシ
(ホワイトデントコーン)
GC法, ×200



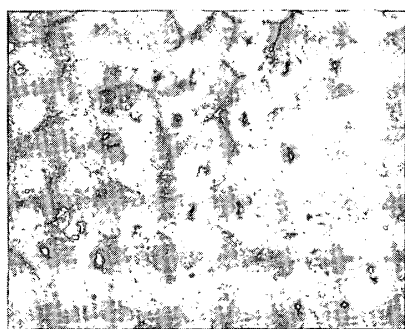
4-c

ヒエ (赤ヒエ)
FL法, ×50



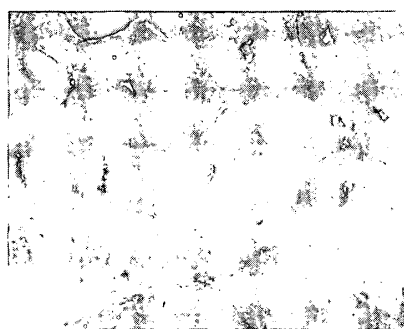
4-d

コムギ (農林61)
GC法, ×200



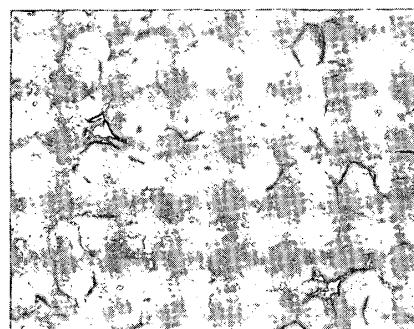
4-f

アワ (天 津)
FL法, ×50



4-g

キビ
GC法, ×50

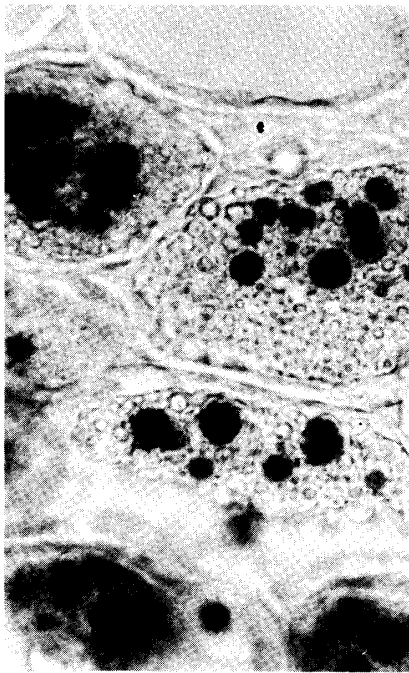


4-h

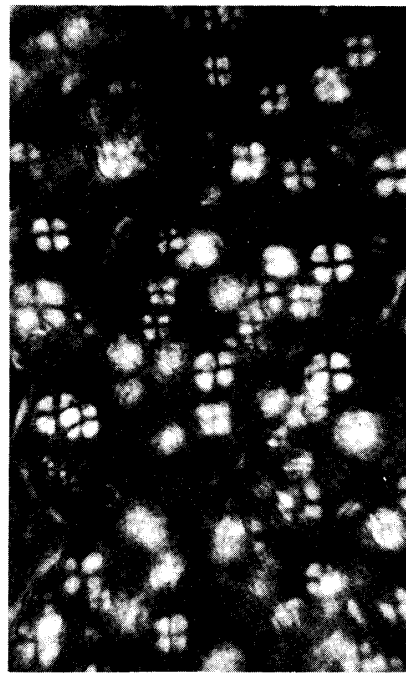
コーリャン
FL法, ×50



第4-a～4-h図 内胞乳でんぷん細胞のヘトマキシリン陽性物質のGC法又はFL法による染色性
(イネを除いてすべて陽性反応を示している)



5-a トウモロコシ
(ホワイトデントコーン)
×200



5-b トウモロコシ (偏光)
(ホワイトデントコーン)
×200



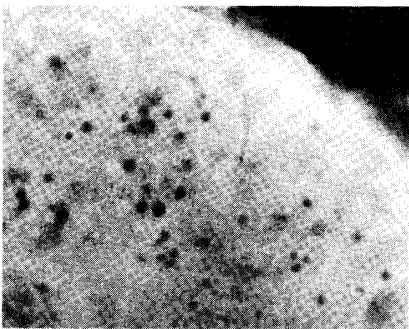
第6図 コーリアンの果皮

のでんぶん粒(×200)

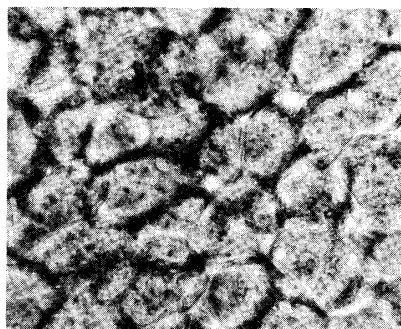
PS 果種皮層

al アリユーロン "

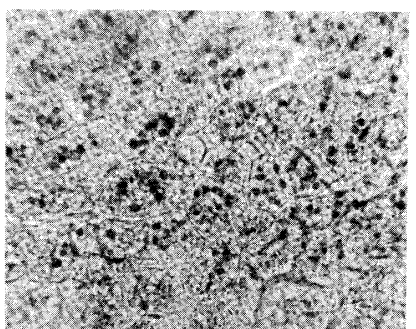
es 内胚乳 "



5-c ヒエ (二子もち)
×200



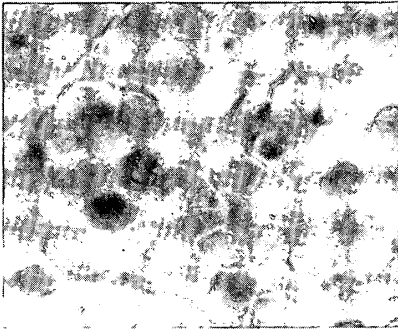
5-d パールミレッド
×100



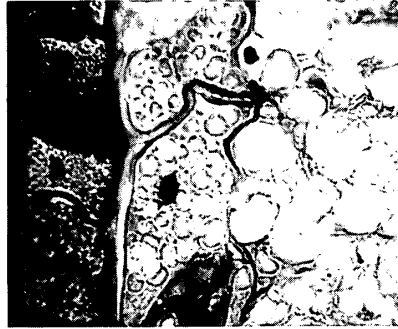
5-e イネ (ジャポニカ)
水稻うるち
×100



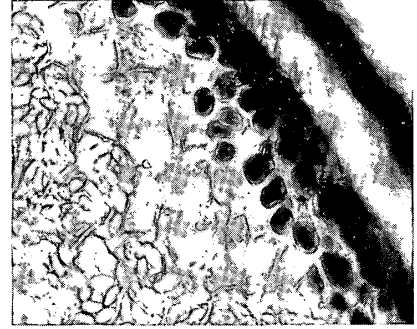
第5-a～5-e図 休眠胚のでんぶん粒(沃素反応, または無染色偏光顕微鏡)



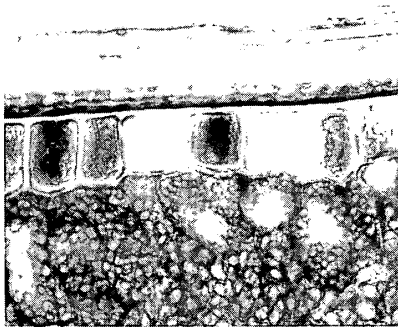
第6図 イネ (ジャポニカうるち)
でんぶん細胞 ×200
複合でんぶん粒 (沃素反応)



7-a エンパク
(サフラン,
Hx 染色×200)



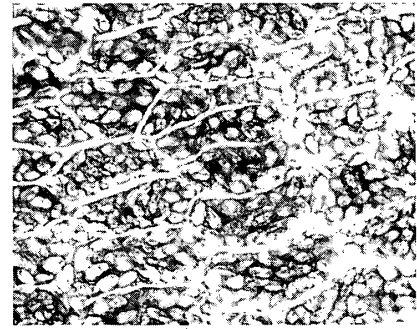
7-b オオムギ
(ハダカムギスーダンⅢ
染色×150)



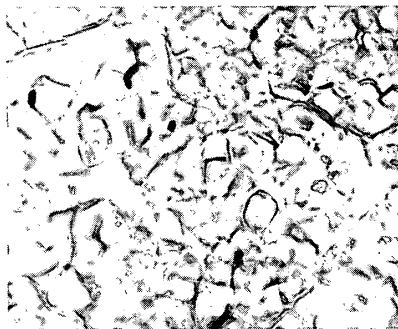
7-c トリチケール
(N-S蛋白反応)
×50



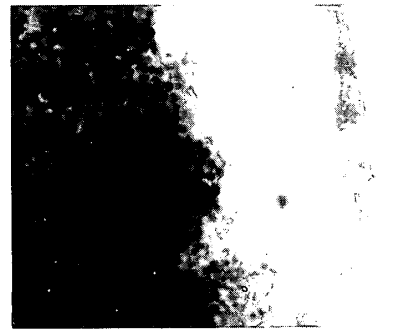
7-d コムギ (農林61)
(Hx 染色, ×400)



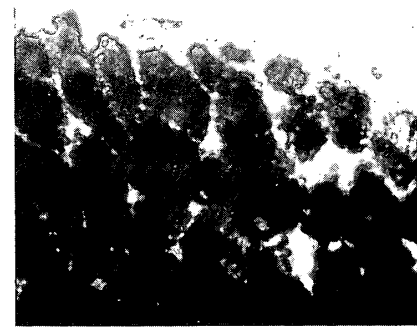
8-a オオムギ
(ハダカムギ)



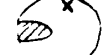
8-b イネ
(インデカ在来もち)



9-a ヒエ (二子もち)



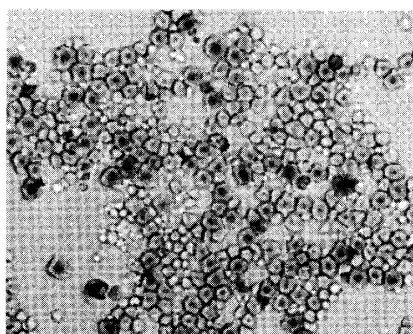
9-b パールミレッド



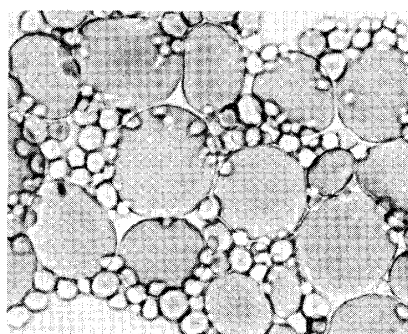
第7-a~7-d図 麦類内胚乳周縁部の硬細胞

第8-a, 8-b図 内胚乳でんぶん細胞の蛋白質分布 (×100, N-S蛋白反応)

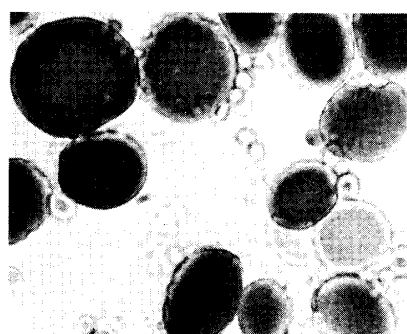
第9-a, 9-b図 内胚乳周縁部でんぶん細胞のでんぶん粒密度 (×50, 沃素反応)



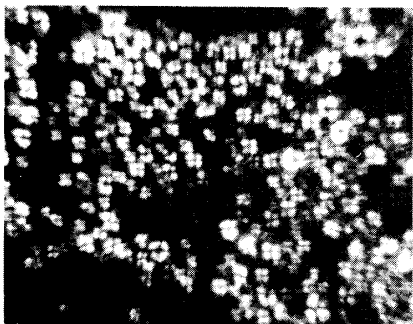
10-a イネ (ジャポニカ
水稲ささにしき)



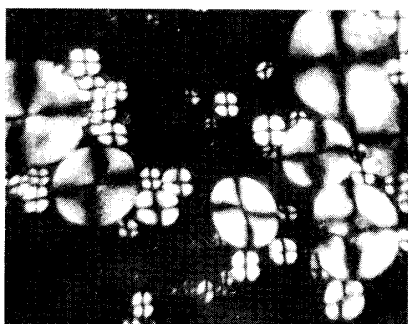
10-b コムギ (農林61)



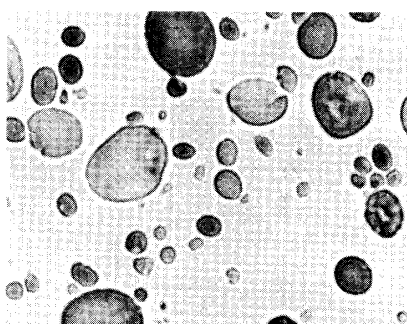
10-c オオムギ
(ビールムギ)



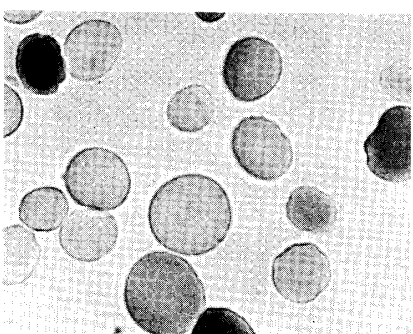
10-d イネ (偏光)



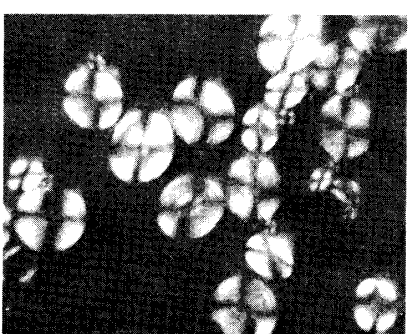
10-e コムギ (偏光)



10-f トリチケール



10-g オオムギ
(カワムギ, むさし)

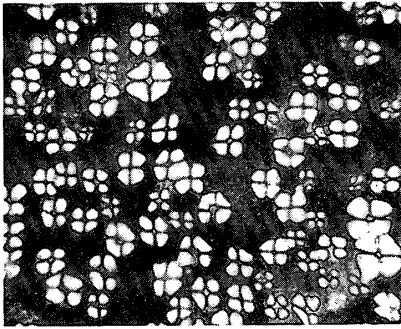


10-h オオムギ
(ハダカムギ, 偏光)

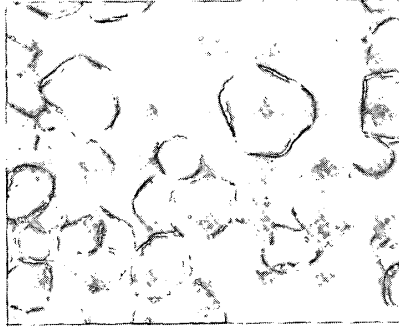


10-i トリチケール
(偏光)

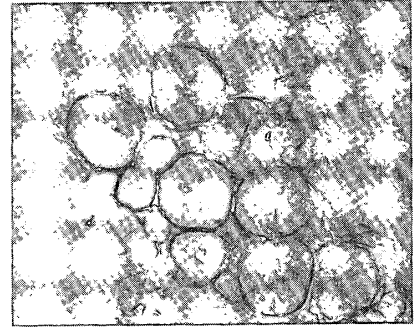
第10-a ~ 10-x 図 抽出でんぶんの普通顕微鏡及び偏光顕微鏡写真
(×400)



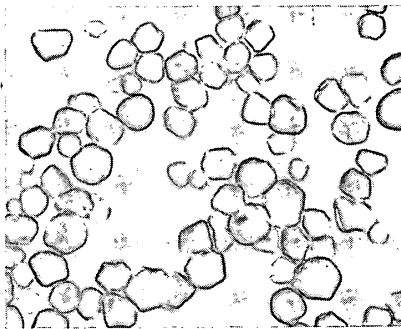
10-j エンバク (偏光)



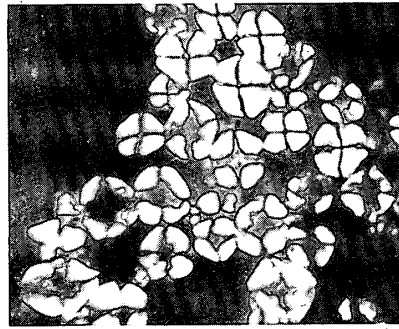
10-k トウモロコシ
(ホワイトデントコーン)



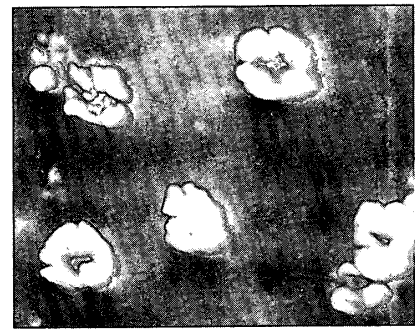
10-l コーリャン



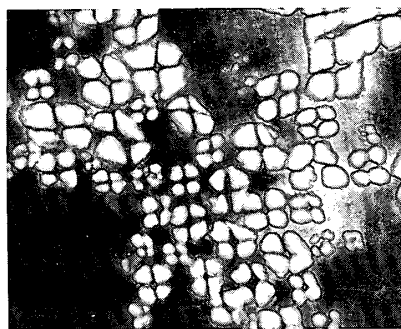
10-m アワ (在来三)



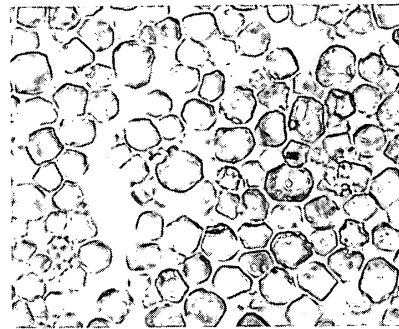
10-n トウモロコシ (偏光)



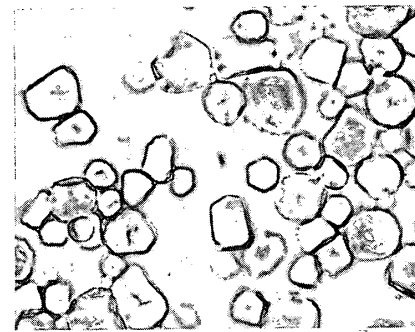
10-o コーリャン (偏光)



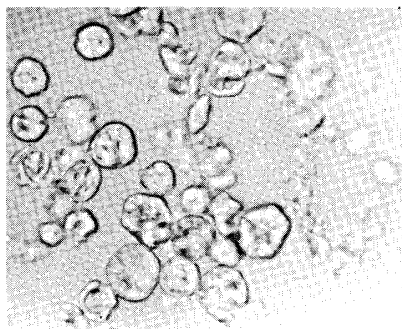
10-p アワ (偏光)



10-q キビ

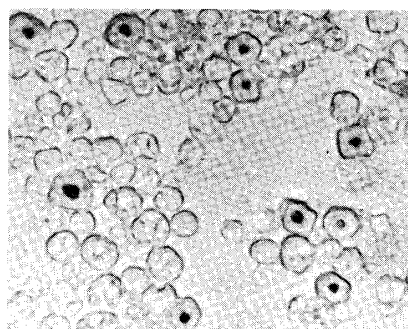


10-r ヒエ (赤ひえ)



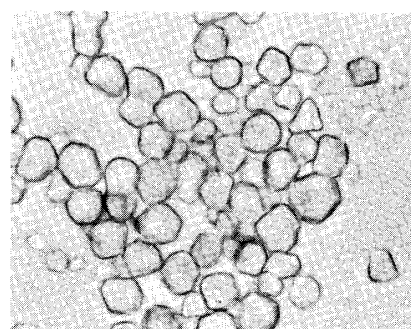
10-s

ハトムギ



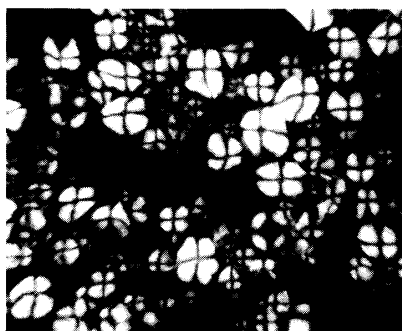
10-t

パールミレッド



10-u

ソバ



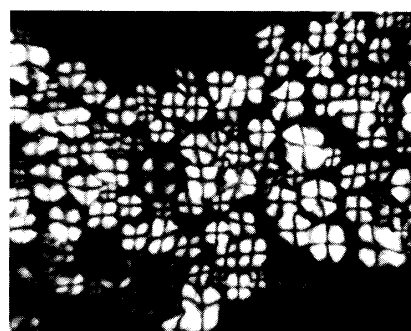
10-v

ハトムギ (偏光)



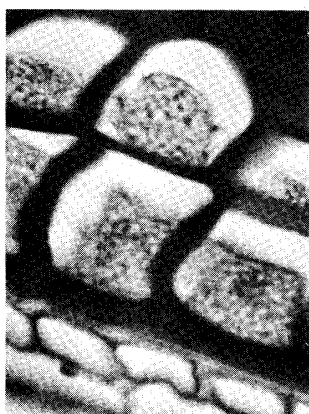
10-w

パールミレッド
(偏光)



10-x

ソバ (偏光)



第11図
アリューロン細胞のPAS
反応陽性顆粒 (ハダカムギ,
× 600)



第12図
イネ未熟果内胚乳 まだ
完全に退化しない細胞核
(FL反応) が観察される。



第13図 ソバ子葉
(Hx 染色, 棚状組織, 海綿組織, 維管束等が観察される)